

# 네트워크 분석을 이용한 거점평가지표 개발 및 특성분석

김수현 · 박승태 · 우선희 · 이승철\*

울산과학기술원 제어설계공학과

## Development and Analysis of the Interchange Centrality Evaluation Index Using Network Analysis

KIM, Suhyun · PARK, Seungtae · WOO, Sunhee · LEE, Seungchul\*

Department of System Design and Control, UNIST, Ulsan 44919, Korea

\*Corresponding author: seunglee@unist.ac.kr

### Abstract

With the advent of the big data era, the interest in the development of land using traffic data has increased significantly. However, the current research on traffic big data lingers around organizing or calibrating the data only. In this research, a novel method for discovering the hidden values within the traffic data through data mining is proposed. Considering the fact that traffic data and network structures have similarities, network analysis algorithms are used to find valuable information in the actual traffic volume data. The PageRank and HITS algorithms are then employed to find the centralities. While conventional methods present centralities based on uncomplicated traffic volume data, the proposed method provides more reasonable centrality locations through network analysis. Since the centrality locations that we have found carry detailed spatiotemporal characteristics, such information can be used as an objective basis for making policy decisions.

**Keywords:** centrality, HITS, network analysis, PageRank, TCS traffic

### 초록

빅데이터 시대에 발맞추어, 데이터에 기반한 실효성 있는 국토공간 개편의 바람직한 방향을 제시하기 위해 교통 데이터를 활용한 국토개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 현재 교통 데이터에 대한 연구는 데이터 정리 혹은 보정하는 수준에만 머물고 있다. 본 연구는 여기서 더 나아가 데이터를 가공함으로써 국토공간에 존재하는 숨겨진 가치를 제시하고자 한다. 이에 교통 데이터가 네트워크 구조와 유사하다는 점에 착안하여, 네트워크 분석에 사용되는 알고리즘을 통하여 국토공간에 존재하는 가치를 찾고자 하였다. 본 연구는 중심지를 파악하기 위해 PageRank와 HITS알고리즘을 활용하였다. 알고리즘의 거점 평가 지표로서의 성능을 확인하기 위해 TCS데이터를 이용하여 단순교통량과 비교하여 성능을 확인하였다. 이를 통해 단순히 교통량에만 의지하여 제시되었던 중심지들을 더 세분화된 특성에 맞추어 파악할 수 있었다. 알고리즘을 이용하여 찾은 중심지는 시간적, 기능적 특성을 세분화하여 담고 있으므로 경제권 내의 중심지를 판단하는 객관적인 근거로서 지역 거점 선정과 같은 정책적 결정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

J. Korean Soc. Transp.  
Vol.35, No.6, pp.525-544, December 2017  
<https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.6.525>

pISSN : 1229-1366  
eISSN : 2234-4217

Received: 5 September 2017

Revised: 27 October 2017

Accepted: 29 December 2017

Copyright ©  
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**주요어:** IC 거점, HITS, 네트워크 분석, PageRank, TCS 교통량

## 서론

21세기 세계화 시대에 접어들면서 기존 국토 공간계획 방향인 ‘선 국토골격, 후 교통시설 배치’에서 벗어나 기능적으로 실효성 있는 국토공간 개편의 바람직한 방향을 제시하기 위해 교통 부분을 중심으로 하는 국토개발이 대두되고 있다(Ann, 2011). 또한, 기술, 경제발전, 인구증가 등의 이유로 생활권이 확장되고 도시의 공간구조 역시 지속적으로 변함에 따라, 국가발전을 위한 도시 공간의 중요성이 증가하고 있다. 따라서 도시 공간을 교통 흐름의 맥락에서 이해하고 이를 정책에 반영하는 것은 국가발전을 위한 필수적인 과정이라고 할 수 있다.

이와 같은 변화에 발맞추어 우리나라에서도 국가경쟁력 확보 및 지역균형발전을 목표로 시도 중심의 지역발전계획을 수립하고 있다. 대표적인 지역발전을 위한 정책으로 성장거점정책이 있다. 이 정책은 Trickle-Down effect에 근거하여 상대적으로 잠재력이 큰 도시에 투자함으로써 성장 효과를 주변으로 확산하는 것을 말한다. 하지만 거점을 올바로 선정하지 못한다면 성장거점으로 선정된 지역의 성장이 뚜렷하게 나타나지 않거나 주변 지역과의 격차가 확대되는 문제가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제를 피하고 지역균형 발전을 통한 국가경쟁력 확보를 이루기 위해서는 올바른 거점 파악이 중요하다(Arndt et al., 1983).

지역개발 사업의 수요를 파악하는 근거자료로 국가교통 데이터베이스(KTDB)의 화물 기종점 교통량이 가장 많이 활용되고 있다. 이는 조사주기가 너무 길어 교통 수요의 변화요인을 빠르게 감지하지 못할 뿐만 아니라, 비용이 과다하게 소요된다는 단점을 지니고 있다(Yoon, 2015).

고속도로요금소에서 수집되는 자료인 TCS (Toll Collection System) 데이터는 고속도로 영업소를 이용한 모든 차량의 진입/진출 요금소 정보를 모두 포함하고 있으므로 실제 O/D (Origin/Destination) 정보를 제공해주는 전수 자료로서 활용가치가 아주 높다. 또한, TCS 데이터는 기존에 존재하는 요금소를 활용하여 1일 단위로 데이터를 수집하기 때문에 KTDB 데이터에 비해 더 적은 비용으로 교통 수요의 변화를 보다 효과적으로 감지할 수 있다.

TCS 데이터는 방향성이 있는 교통량에 대한 정보를 영업소별, 차종별로 담고 있으며, 그 구조가 인터넷 웹페이지와 같은 하이퍼링크 구조이다. 인터넷 웹페이지의 경우 네트워크 분석을 통해 중요한 웹페이지나 특정 영역의 웹페이지 간의 관계를 분석하는 등의 연구가 활발하다(Page et al., 1999; Kleinberg et al., 1999). 가장 대표적으로 구글 검색엔진의 핵심인 PageRank 알고리즘은 이러한 네트워크의 연결성을 이용해 문서에 상대적 중요도에 따라 가중치를 부여하는 방식이다. 유사한 구조를 가진 교통데이터에 웹페이지의 분석기법을 이용하여, 지역 내의 중심지 분석이나 시간에 따른 교통 특성의 변화 등을 분석함으로써 교통 부분을 중심으로 하는 국토개발을 제시할 필요가 있다.

하지만 기존의 TCS 데이터 분석 연구들은 이 데이터를 활용하여 숨은 정보 및 의미를 찾기보다는 주로 교통량의 크기를 통해 KTDB 데이터가 가지는 한계점을 보완하는 데 사용되었다(Kim et al., 2012). 따라서, 본 연구에서는 네트워크 분석을 활용하여 교통 특성을 설명할 수 있는 지표를 제시하고자 한다. 단순교통량으로 표현할 수 있는 정보와의 비교를 통해 도시 공간을 이해할 수 있는 지표로서의 가치를 제시하고, 더 나아가 관련 국가 정책을 결정하는 데 도움이 되는 지표임을 보이고자 한다.

## 선행연구

중심지 평가지표 개발을 위한 기존의 연구는 두 가지 측면으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 교통 데이터 활용을 위한 데이터 구축에 관한 연구이고, 두 번째는 평가지표에 관한 연구이다.

### 1. 데이터구축에 관한 연구

KTDB 데이터의 한계를 극복하기 위해 TCS 데이터를 활용하여 교통 특성을 파악하고자 한 연구가 있다. 기존 설

문조사를 통해 이루어지는 KTDB 데이터의 특성과 TCS 데이터, 통신데이터 같은 빅데이터가 가지는 특성을 비교하고, 실제 교통데이터에 대한 빅데이터 활용 방안을 제시하였다(Yoon, 2015). 또 다른 연구로 시간대별 기종점 교통량의 정확성을 확보하기 위해 TCS 데이터를 활용하여 시간대별 기종점 교통량을 구축한 연구가 있다. 이 연구에서는 실제 통행기록 자료인 TCS 데이터를 이용하여 기종점 교통량 구축 시 발생할 수 있는 오차를 줄이고자 하였다(Gleich, 2015).

또한 TCS 데이터를 이용하여 화물자동차의 O/D를 구축하고자 한 연구가 있다. 이 연구에서는 민자고속도로로 인해 생길 수 있는 TCS 데이터의 오차를 보정하는 방법을 제시하고 화물차량을 소형/중형/대형으로 구분하여 지역 간 O/D를 구축하였다. 그리고 이 결과를 통계연보, KTDB 데이터와 비교하여 결과의 적정성을 검토하였다(Park et al., 2013).

## 2. 평가지표에 관한 연구

경제지표를 활용하여 Freight Villages를 평가하기 위한 기준을 제시한 연구들이 있다. 이들은 비용, 확장 가능성, 부동산, 주변 교통 시설과의 접근성 등을 고려하여 공급망 선정을 위한 적절한 기준을 제시하였다(Yildirim et al., 2014; Meidute, 2017).

경제지표가 아닌 교통량데이터를 이용하여 평가지표를 제시한 연구가 있다. 수집된 교통량 데이터를 이용하여 광역경제권의 산업 공간 분석을 시행하였다. 이를 위해 화물점유율(FOR), 화물의존도(FDR)이라는 지표를 제시하고 KTDB에서 제공하는 화물 O/D 자료를 이용하여 대구지역의 광역 경제권 산업 공간을 분석하였다(Kim et al., 2012).

네트워크 분석을 통하여 지역 중심성을 지표화하는 해외 사례가 있다. 해외 사례에서는 네트워크의 성질을 나타내기 위한 지표인 Closeness centrality, Betweenness centrality, Straightness centrality, Information centrality를 이용하여 베니스의 교통특성을 파악하여 도시계획에 활용하였다(Crucitti et al., 2006).

네트워크 분야에서 사용되는 평가지표로 유명한 PageRank가 많은 분야에서 적용되고 있다. 그 예로 책들의 내용적인 연관성을 고려하여, 책들의 중요성을 밝히는 BookRank, 논문의 참조를 활용하여 논문들의 중요성을 밝히는 CiteRank, 트위터에 적용하여 사회적 네트워크의 구조를 밝히는 TwitterRank등이 있다(Gleich, 2015). 하지만 PageRank를 교통데이터에 적용한 사례는 없다.

## 자료구축

### 1. TCS 데이터

본 연구는 분석자료로서 한국도로공사에서 제공하고 있는 고속도로 통행 차량의 차종 구분 및 기종점 교통량 자료인 TCS 데이터를 사용하였다. TCS는 각 영업소에 설치되어 통행요금 및 교통량 측정, 요금수납 업무와 관련된 업무를 처리하도록 설계되어 통행료 징수업무를 처리하는 시스템을 말한다. 현재 1일 단위로 350여개의 폐쇄식 영업소, 18개의 개방식 영업소에서 수집되고 있다. 하지만 개방식 영업소는 폐쇄식 영업소와달리 출발지와 도착지에 대한 정보가 함께 취득 되지 않아서 본 연구에서는 개방식 영업소의 통행량 정보는 제외하고 분석을 진행하였다.

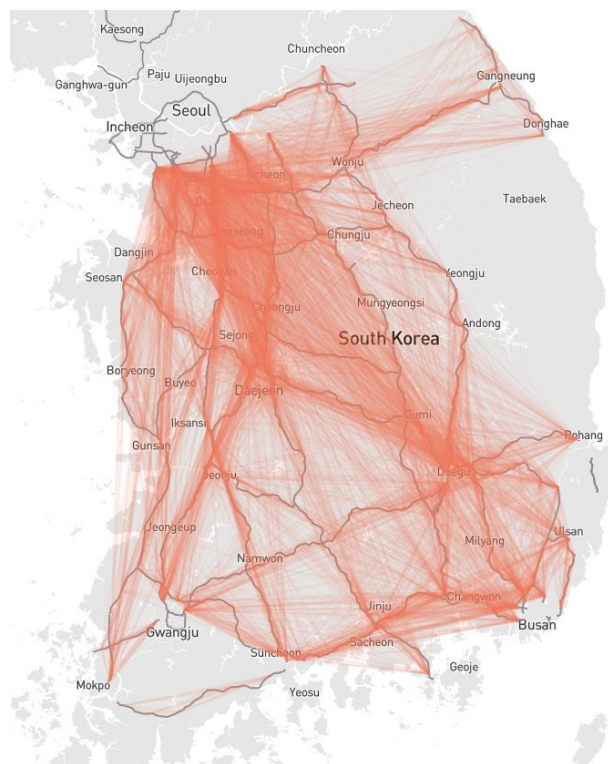
민간에서 운영하는 고속도로의 경우 별개의 요금소를 운영하여 TCS 데이터에 교통량이 존재하지 않는다. 따라서 민자고속도로로 전환되는 톨게이트에서 높은 교통량이 있는 것처럼 표기되는 문제가 있다. 연구과정에서 주로 발견되었던 영업소는 풍세IC이다. 풍세IC는 민자고속도로로 전환되는 기점으로, 풍세 영업소에서 출발하는 차량이 많은 것처럼 기록된다. 하지만 사실상 수도권에서 호남권으로 넘어가는 차량이 모두 집계된다고 할 수 있다(Park et al., 2013). 이처럼 민자고속도로와 관련된 톨게이트의 경우 교통량에 대한 잘못된 정보를 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 민자고속도로에서 전환되는 톨게이트의 교통량은 제외하였다.

**Table 1.** TCS Data (examples)

Date	Origin	Destination	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Total
20150620	101	101	47	2	6	0	0	55
20150620	101	102	3852	249	8	15	185	3152
20150620	101	103	14113	389	1010	40	46	15598
20150620	101	104	44	1	1	0	2	28
20150620	101	105	3740	82	43	26	15	3906
20150620	101	106	5086	333	491	67	81	6058
20150620	101	107	3674	64	385	40	17	4180
20150620	101	108	6230	80	466	38	13	6827
20150620	101	109	23	0	1	0	0	24
20150620	101	110	683	6	6	4	3	702
20150620	101	111	1196	17	251	3	5	1472

**Table 2.** Vehicle type of TCS data

Type	Example
Type 1	Passenger car, Van under 16 passenger, Truck less than 2.5 tons
Type 2	Van 17-32 passenger, Truck 2.5-5.5t
Type 3	Van 33 or more passenger, Truck 5.5-10t
Type 4	Truck 10-20t
Type 5	Truck over 20t

**Figure 1.** Visualization of TCS traffic data

## 2. 네트워크 구축

이렇게 구축된 O/D를 바탕으로 관계성을 표현하기 위해 네트워크를 형성하였다. 네트워크의 구조를 관찰함으로써 중심지의 존재 여부를 알 수 있었으며, 중심지를 찾기 위한 알고리즘을 적용해야 하는 당위성을 확보할 수 있었다.

TCS 데이터는 출발 영업소와 도착 영업소 간의 차종별 교통량에 대한 정보를 담고 있기 때문에 방향성이 명시된 유입량에 대한 정보를 제시한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 속성을 표현하기에 효과적인 네트워크라는 수학적 모델을 이용하여 분석을 진행하였다. 네트워크의 구조는 노드와 엣지로 이루어져 있다. 노드는 정보를 주고 받는 객체이며, 엣지는 객체 사이의 정보량을 나타낸다. 본 연구는 전국의 영업소를 노드로, 영업소간의 교통량을 엣지로 정의 하였다. 또한, 교통량은 방향성을 가지기 때문에 네트워크를 구할 수 있다.

네트워크에는 두 가지의 부류가 존재한다. 첫째로, 모든 노드가 거의 같은 양의 정보를 주고받기 때문에 특별히 거점이 존재하지 않는 경우이다. 둘째로, 특정한 노드가 많은 노드들과 연결되어 있는 경우이다. 이 경우에는 네트워크 안에 거점이 존재한다. 이러한 네트워크는 공항들 간의 네트워크와 비슷하기 때문에 공항 네트워크라고 불린다. 또한 특정한 노드에 많은 정보들이 집중되기 때문에, 정보량이 지수함수 형태를 띈다.

TCS 데이터를 기반으로 네트워크를 구축 한 후 각 영업소에 유입되는 교통량들을 비교해 보았다. Figure 2에서 볼 수 있듯 TCS 데이터 기반 네트워크는 지수함수의 꼴을 가진다. 이는 대한민국의 영업소들이 공항 네트워크를 가지고 있다는 것을 암시하며, 따라서 영업소들의 중심지(허브)가 존재 한다는 것을 암시한다(Albert et al., 1999).

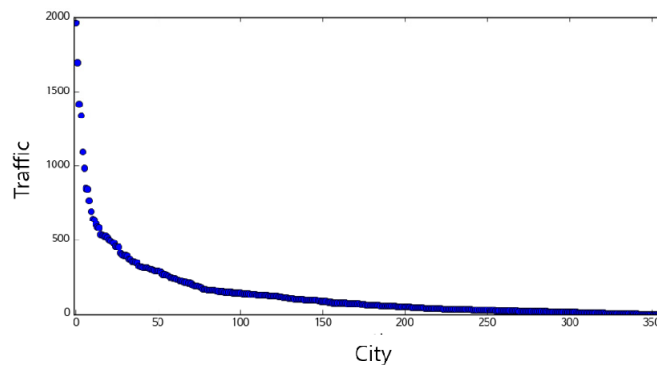


Figure 2. Power law

## TCS 데이터 네트워크와 분석 방법론

전체적인 분석 과정에 대한 도식은 Figure 3에 요약되어있다. 본 연구는 중심지를 찾기 위해 두 가지 네트워크 분석 기법을 이용하였다. 첫째로, 구글에서 중요한 페이지를 찾기 위해 쓰이는 PageRank 알고리즘을 적용하였다. 하지만, 교통거점의 특성상 단순히 특정 영업소의 중요성을 제시하는 것보다, 영업소의 기능별로 그 중요성을 제시하는 것이 중요하다고 판단하였다. 예를 들어 특정 영업소가 Origin으로서 중요한지, Destination으로서 중요한지를 구분하는 것은 물류기지를 건설할 때 중요한 지표가 될 수 있다. PageRank 알고리즘은 Origin/Destination에 상관 없이 특정영업소의 중요성을 제시한다. 따라서 본 연구는 추가적으로 HITS 알고리즘을 적용하여 Origin과 Destination의 거점을 파악하였다.

### 1. PageRank 알고리즘

PageRank 알고리즘은 구글에서 사용되는 알고리즘으로, 검색결과 중에서 중요한 페이지를 선별하는 알고리즘이다. PageRank 알고리즘에서 특이한 점은 단순히 많은 페이지들과 연결되어 있다고 해서 반드시 중요한 페이지로 선별하지 않는다는 것이다. 대신 특정 페이지의 중요도는 다른 중요한 페이지들과의 연결 여부에 따라 결정된다. 예를 들어 특정한 페이지가 중요하지 않은 페이지 10개와 연결되어 있을 때, 이 페이지의 중요도는 두세 개의 중요한 페이지와 연결된 페이지보다 중요도가 낮다.

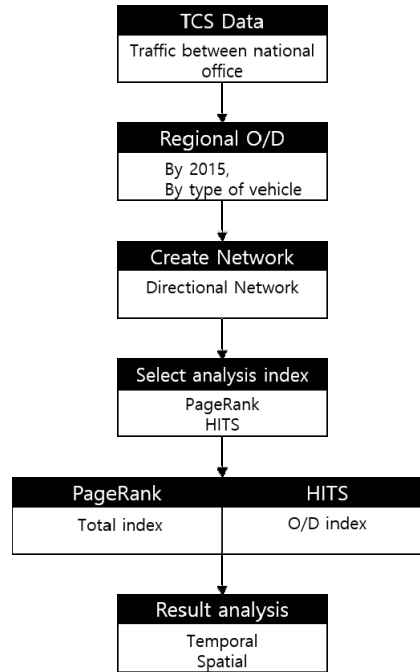


Figure 3. Analysis process

PageRank 알고리즘 계산을 위해 네트워크를 나타내는 행렬  $A$  를 정의하였다.

$$A_{ij} = i \text{에서 } j \text{로 가는 교통량} \quad (1)$$

이때 각 영업소에서 나가는 교통량의 총합은 Equation 2와 같이 계산할 수 있다.

$$d = A \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

이  $d$  벡터를 이용하여,  $i$  에서  $j$  로 교통량이 흘러 갈 확률을 Equation 3과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} D_{ii} &= \text{diag}(d) \\ P &= D^{-1}A \end{aligned} \quad (3)$$

$P$ : transition matrix

우리가 알고자 하는 도시의 중요도를 나타내는 벡터를  $\pi$ 라고 하면,  $\pi$ 를 재귀적으로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} p^{(t+1)} &= P^T p^{(t)} \\ \pi &= \lim_{t \rightarrow \infty} p^{(t)} \end{aligned} \quad (4)$$



이때  $p$  벡터는 초기값으로 모든 원소들의 합이 1 이고, 모든 원소가 같은 값을 갖도록 설정한다. 이와 같은 분석 방법은 확률적으로 Markov Chain을 적용한 것과 같다.

$$\begin{aligned} \text{prob}(p^{(t+1)}) &= \text{prob}(p^{(t+1)} | p^{(t)}) \cdot \text{prob}(p^{(t)}) \\ \text{prob}(p^{(t+1)} | p^{(t)}) &= P \end{aligned} \quad (5)$$

따라서  $p$  벡터의 초기값을 이와 같이 주는 것은 prior에 대한 정보가 없다는 것을 가정한 것과 같다. 따라서 마지막으로 구한  $\pi$  벡터는 각 도시에 교통이 집중될 확률, 또는 중요도를 나타낸다고 할 수 있다. 하지만 Markov Chain을 적용하기 위해서는 Perron-Frobenius Theorem의 세 가지 조건을 만족해야 한다.

Perron-Frobenius Theorem

- 1) Transition matrix has non-negative elements and rows sum up to one.
- 2) Network should be strongly connected.
- 3) Network should be aperiodic.

첫 번째 조건은 transition matrix의 정의에 의해서 만족된다. 두 번째 조건은 모든 영업소 간의 교통량이 존재해야 한다는 것을 의미한다. 하지만 TCS 데이터를 분석한 결과 남해안에 있는 영업소들이 다른 지역에 있는 영업소들 간의 교통량을 가지고 있지 않다는 것이 확인되었다. 세 번째 조건은 영업소간에 일방적인 교통량이 존재하지 않아야 한다는 것을 말한다. 하지만 세 번째 조건은 복잡한 교통 네트워크에서 일어날 가능성이 희박하며, 본 연구에서 활용한 TCS 데이터에서도 확인되지 않았다.

두 번째와 세 번째 조건은 모든 TCS 데이터에 대하여 항상 만족된다고 장담할 수 없다. 따라서 Transition matrix를 위의 조건을 만족시키기 위해서 재정의하였다. 새로 정의한 Transition matrix은 구글행렬이라고 불린다.

$$P' = (1 - \alpha)P + \frac{\alpha}{N} \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (0 < \alpha < 1) \quad (6)$$

$P'$ : Google matrix

이 정의는 모든 영업소들 사이에 무분별하게 운행을 하는 교통량이 존재한다고 가정한 것이다. 이러한 교통량이 소량 존재 하기는 할 것이다. 하지만, 현실적으로 적절하지 않은 가정이다. 따라서 기술적으로 허용할 수밖에 없는 교통량을 최소한으로 하면서 Markov chain을 가능하게 하기 위해 값을 0.01로 설정 하였다.

## 2. HITS 알고리즘

PageRank 알고리즘은 중심지를 파악하는 데에는 좋은 알고리즘이지만, 선별된 중심지가 중요한 이유를 설명하는 데에는 적절하지 않은 알고리즘이다. 따라서 PageRank 알고리즘의 결과를 종합적인 지표로 활용하는 것과 더불어 HITS (Hypertext Induced Topics Search) 알고리즘을 적용하여 Origin과 Destination에 관한 지표를 구하고자 하였다(Kleinberg, 1999; Ding et al., 2002; Yan et al., 2011; Chakrabarti et al., 1999). 왜냐하면 Origin과 Destination으로 기능을 구별하여 파악하는 것은, 물류기지과 같은 주요자원을 국토에 배치하는 데 중요한 정보로 활용될 수 있기 때문이다.

PageRank 알고리즘에서 영업소의 중요도는 그 영업소와 연결되어 있는 다른 영업소의 중요도에 따라 결정이 된다. HITS 알고리즘도 마찬가지이다. 중요한 Origin은 중요한 Destination으로 자원을 배출하는 영업소일 것이며, 중요한 Destination은 중요한 Origin으로부터 자원을 받아들이는 영업소일 것이다. 따라서 Origin과 Destination은 서로를 상호보완적으로 정의하는 관계이다. 이는 Equation 7과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} d_i &\leftarrow \sum_j A_{ji} o_j \\ o_i &\leftarrow \sum_j A_{ij} d_j \end{aligned} \quad (7)$$

$d_i$ :  $i$  도시의 destination으로서의 중요도

$o_i$ :  $i$  도시의 origin으로서의 중요도

$d$ 와  $o$  벡터가 수렴한다고 가정할 때 Equation 7은 Equation 8과 같은 등식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} d &= \alpha A^T o \\ o &= \beta A d \end{aligned} \quad (8)$$

이 두식을 연립하여 풀면 Equation 9와 같이 표현 할 수 있다.

$$\begin{aligned} (A^T A) d &= \lambda d \\ (A A^T) o &= \lambda o \end{aligned} \quad (9)$$

따라서 Origin과 Destination은 고유치를 찾는 문제로 해석할 수 있다(eigen-analysis). 본 연구는 최종적으로 구한  $d$ 와  $o$  벡터를 Origin과 Destination의 지표로 활용 하였다.

## 결과 분석

본 논문에서는 PargRank와 HITS 알고리즘을 통해 얻어진 지표의 성능을 확인하기 위해 15년 7월 한달 간의 데이터를 이용하였다. 분석 결과에 대해서는 아래와 같이 세 가지 경우를 논의한다. PageRank를 이용한 종합적인 지표의 성능확인, 전국의 톨게이트에 대한 교통데이터를 이용하여 시행하였다. HITS 알고리즘을 이용한 Origin과 Destination의 지표 성능은 지역별 화물차량의 중심지와 시간에 따른 중심지 변화를 이용하여 확인하였다.

지표의 성능은 항만, ICD 또는 산업단지와의 근접도로 평가하였는데, TCS데이터의 경우 화물 차량의 최종목적지가 아니라 영업소를 기준으로 데이터가 취득되기 때문에 정확한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 지표의 성능은 각 영업소가 지리적으로 근접하였는지를 이용하여 확인하였다.

1) PageRank 알고리즘, 2) 지역별 화물차량 분석, 3) 시간 분석

### 1. PageRank 알고리즘

PageRank는 방향성이 있는 네트워크에서 종합적인 중심지 지표를 제시하는 데 효과적인 알고리즘이다. PageRank이 제시하는 종합적인 중심지 지표의 성능을 확인하기 위해 TCS데이터 기준의 4종과 5종 화물차량의 TCS데이터



에 PageRank를 적용하여 얻은 지표 점수를 기준으로 중심지를 확인하였다. 지표성능의 평가는 1) 물류기지와의 인접성, 2) 항만시설과의 인접성 그리고 마지막으로 3) 산업단지와의 인접성을 기준으로 결과를 평가하였다.

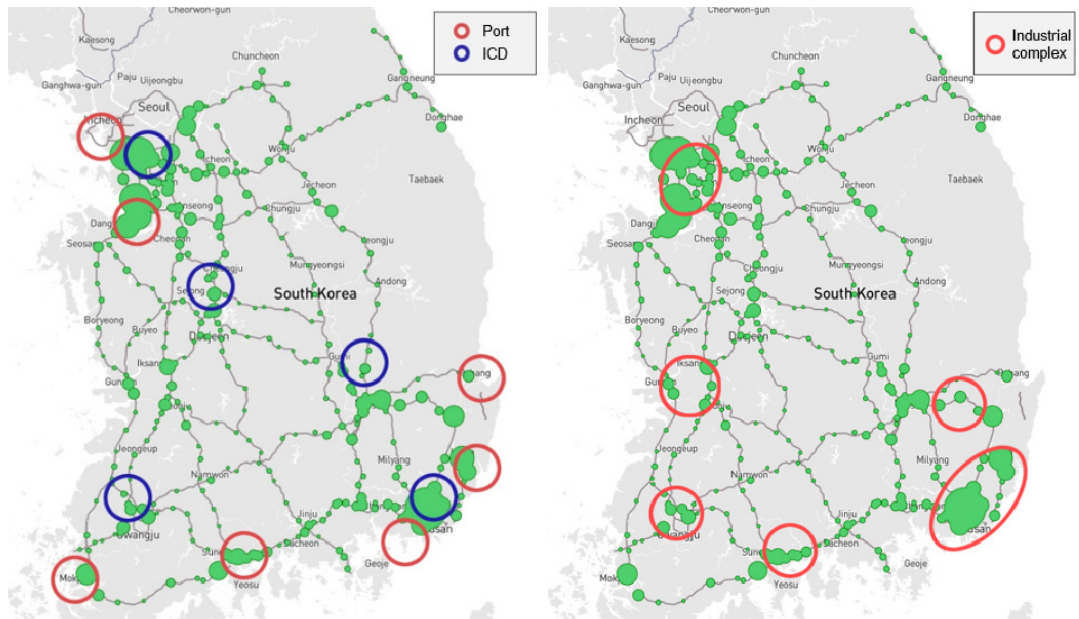


Figure 4. PageRank result

Table 3. PageRank result

Ranking	PageRank	PageRank Score
1	West Seoul	0.020727178
2	Daedong	0.018926117
3	Jangan	0.015195577
4	Gunja	0.015047566
5	East Seoul	0.014651436
6	West Siheung	0.013782256
7	Gimhae Pusan	0.012559866
8	Seoul	0.01250466
9	West Pyeongtaek	0.011873466
10	Garak	0.011741296

PageRank를 적용한 결과 Figure 4에서와 같이 항만시설, 물류기지 그리고 산업단지 근처에 주로 큰 중심지가 파악되었다. 특히 항만시설에서는 평택항, 부산항 그리고 울산항 순서로 근처의 IC의 지표의 값이 높았다. 그 밖에 목포항, 광양항 그리고 목포항 근처의 IC 지표값이 높은 것을 확인하였다. 내륙물류기지(ICD)에서는 의왕ICD, 양산 ICD 그리고 광주ICD 순서로 근처 IC의 지표의 값이 높았다. 마지막으로 산업단지에서는 수도권과 영남권에 위치한 산업단지 근처 IC의 지표 값이 높았다. 수도권에서는 평택항에 위치한 아산산업단지 근처 IC의 지표 값이 높았고, 영남권에서는 녹산산업단지, 김해산업단지, 대동산업단지와 부산신항 근처의 IC 지표 값이 높게 나타난 것을 확인할 수 있다.

PageRank를 화물차량 TCS 데이터에 적용한 결과, 지표값을 기반으로 대한민국에 위치한 모든 항만시설, 물류기지 그리고 산업단지의 위치를 파악하는 것이 가능하였다. 따라서, PageRank 지표를 종합지표로 활용하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

## 2. 지역별 4종, 5종 화물차량 분석

화물 유통에 대한 거점 IC를 찾기 위하여 대형화물차량의 물류를 분석하였다. 대형화물차량은 TCS 데이터 기준으로 4종과 5종 차량으로서, 주로 항만의 컨테이너와 같은 거대 화물을 운반하는 데 수행되는 차량이다.

Figure 5은 HITS 알고리즘을 통하여 계산된 Origin과 Destination 지표값을 내림차순으로 정렬한 영업소와 그에 해당하는 영업소의 교통량을 비교한 것이다. Origin에 대해서는 HITS 알고리즘의 Origin 지표값과 해당 영업소에서 나가는 단순 교통량을 비교하였고, Destination에 대해서는 HITS 알고리즘의 Destination 지표값과 해당 영업소로 들어오는 단순 교통량을 비교하였다. HITS 알고리즘의 Origin 지표는 내보내는 것으로서의 중요성을 나타내고, Destination 지표는 들어오는 것의 중요성을 나타낸다. Figure 5을 보면 HITS 알고리즘을 통해 얻은 중요 영업소 거점과 단순 교통량을 통하여 얻은 영업소 거점이 다르게 나타난다. HITS 알고리즘을 통하여 얻어진 새로운 지표의 성능을 검증하기 위해 진입과 진출 교통량과 비교 분석 하였다.

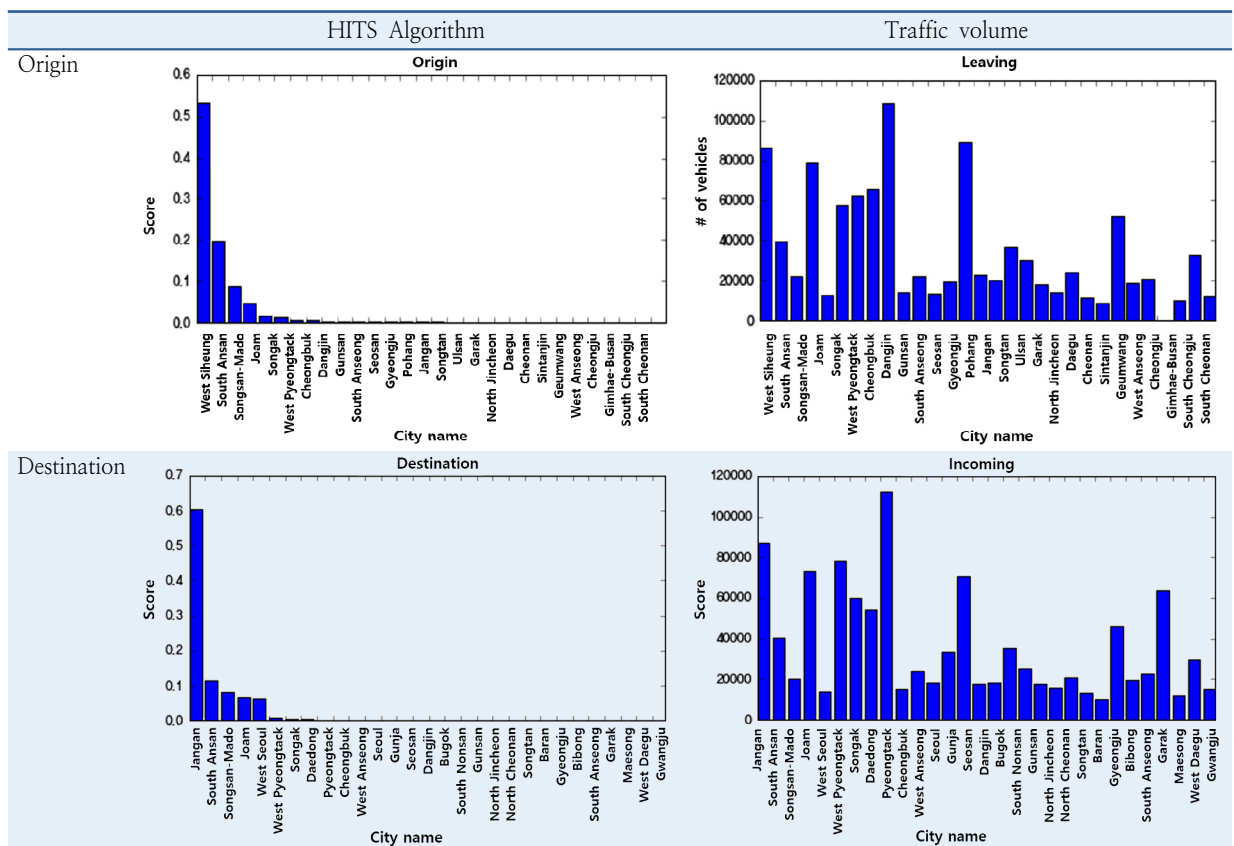


Figure 5. Compare HITS algorithm result and traffic volume

거점평가 지표로서의 성능을 평가하기 위해 교통량이 많은 지역을 기준으로 거점을 찾았을 때와 HITS알고리즘을 사용하여 거점을 찾았을 때를 비교하였다. 성능평가 기준으로는 아래의 두 가지 기준을 사용하였다.

### 1) Origin과 항만시설과의 근접성

Origin은 중요한 자원(컨테이너)을 많이 배출하는 영업소를 의미한다. 일반적으로 화물차량이 자원을 공급받아 유통을 시작하기 위해서는 해외에서 자원이 들어오는 항만에서부터 출발한다. 따라서 HITS 알고리즘의 Origin 지표 성능확인을 위해 Origin 지표값이 높은 지역과 항만시설의 근접성을 분석하였다.

## 2) Destination과 내륙물류기지(ICD) 또는 산업단지와의 근접성

Destination은 Origin과 반대로 중요한 자원을 많이 받는 영업소를 의미한다. 화물차량의 유통 최종지는 자원을 보관하는 곳인 ICD이거나 자원을 소비하는 산업단지이다. 따라서 Destination 지표의 성능은 자원을 보관하거나 소비하는 지역과의 근접성을 이용하여 분석하였다.

### 1) 영남권 분석

Figure 6은 단순 교통량을 기준으로 Origin과 Destination을 시각화한 결과이다. Origin과 Destination 지도간의 차이가 거의 없었다. 이는 가락, 경주, 서부산 그리고 서대구 영업소들에서 나가고 들어오는 교통량이 모두 영남권에서 상위권이기 때문이다. 따라서 단순 교통량의 크기를 이용하였을 때, 중요 영업소를 Origin과 Destination의 기능에 따라 구분할 수 없다.

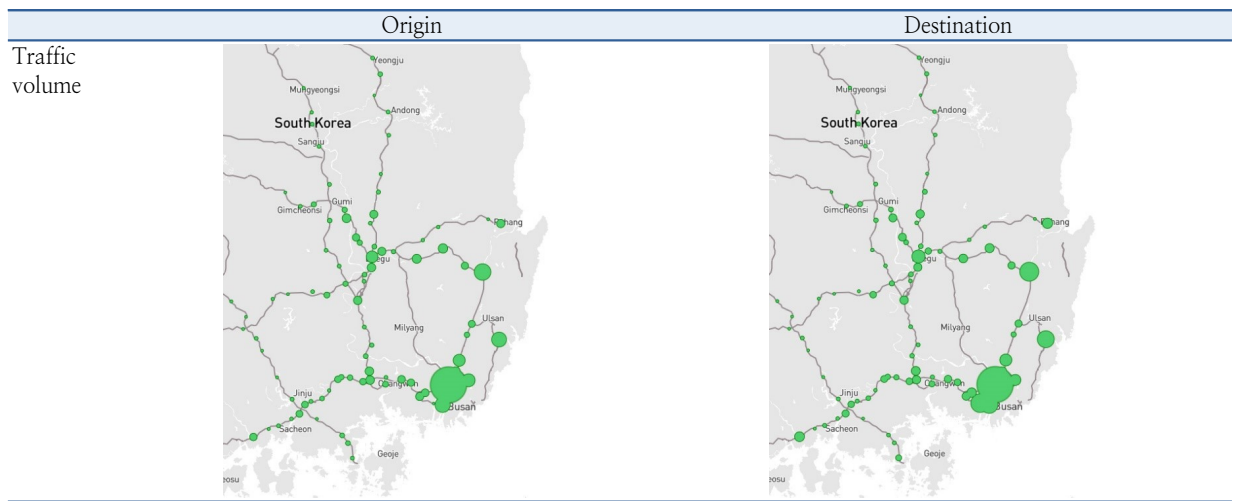


Figure 6. Incoming - leaving traffic volume (Yeongnam region)

Table 4. Incoming - Leaving Traffic Volume table (Yeongnam region)

Ranking	Incoming	# of incoming vehicle	Leaving	# of leaving vehicle
1	Daedong	149618	Daedong	150477
2	Garak	75040	Garak	79217
3	Garak2	69156	Garak2	69982
4	West Pusan	67172	West Pusan	59700
5	West Daegu	60534	West Daegu	55694
6	Yangsan	56252	Yangsan	54809
7	Cheongnyang	55110	Cheongnyang	54079
8	Mulgeum	54385	Mulgeum	51023
9	Pusan	43849	Gyeongsan	50160
10	Gyeongsan	41400	Pusan	44381

반면 Figure 7은 HITS 알고리즘을 통하여 Origin과 Destination의 지표점수가 높게 나온 지역을 시각화 한 결과이다. Origin에서는 포항, 가락, 칠원, 서부산 그리고 청량리, Destination에서는 대동, 서대구, 영천 그리고 경산의 지표점수가 높게 나왔다. 그리고 경주는 Origin과 Destination 두 가지 지표 모두에 대하여 높은 값을 보였다.

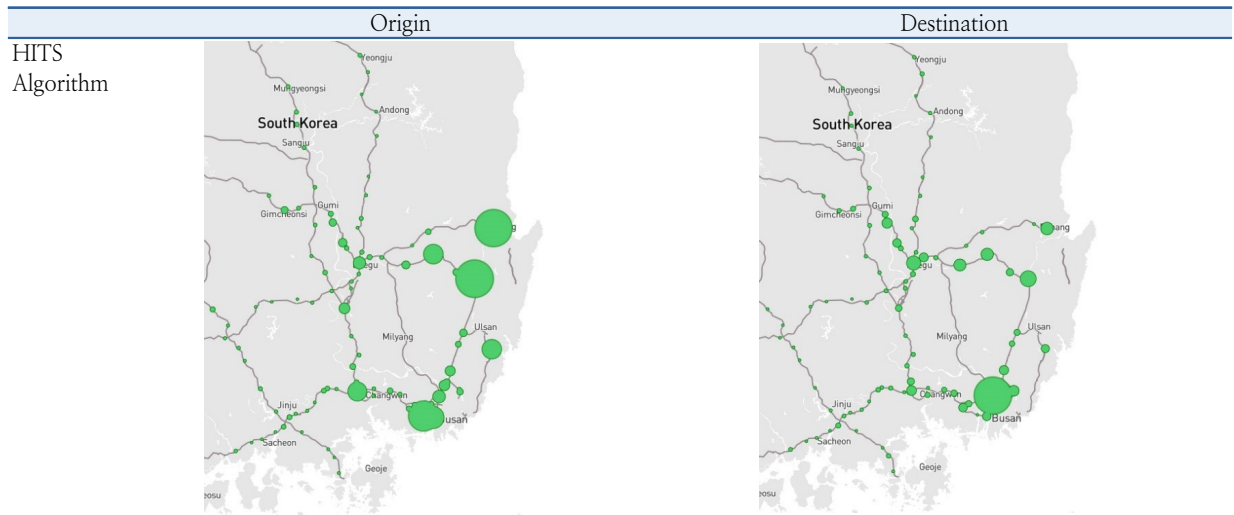


Figure 7. HITS algorithm result (Yeongnam region)

Table 5. HITS algorithm result table (Yeongnam region)

Ranking	Origin	Origin score	Destination	Destination Score
1	Gyeongju	0.001965	Daedong	0.001493
2	Pohang	0.001577	Gyeongju	0.000759
3	Garak	0.001561	Garak2	0.000674
4	Chirwon	0.001187	West Daegu	0.000650
5	West Pusan	0.001103	Gyeongsan	0.000579
6	Yeongcheon	0.000929	Yeongcheon	0.000487
7	Cheongnyang	0.000866	Chirwon	0.000455
8	West Daegu	0.000746	North Daegu	0.000411
9	Hyeonpung	0.000506	South Gumi	0.000402
10	Gyeongsan	0.000505	Pohang	0.000399

지표의 성능을 평가하기 위해 지표점수가 높은 영업소와 주변의 항구, ICD 또는 산업단지와의 근접성을 확인하였다. Origin 지표가 높은 영업소인 포항, 서부산, 칠원, 청량은 각각 포항항, 부산항, 마산항, 울산항 근처에 위치한 항구 근처에 있는 영업소이다. Destination 지표가 높은 영업소는 ICD나 산업공단 근처에 위치하고 있다. 대동 영업소는 양산ICD 근처에 위치한 곳이고, 포항, 서대구, 영천 그리고 경산은 모두 산업 공단이 위치해 있는 곳이다. 경주 영업소가 Origin과 Destination의 기능을 동시에 충족하는 이유는, 경주가 대구, 포항, 울산 그리고 부산을 연결하는 영업소로 기능하기 때문이라고 해석된다. 부산이나 울산에서 포항을 접근할 때는 경주 영업소에서 진입하는 것이 효과적이다. 따라서 울산항과 부산항에서 배출하는 자원을 포항에 위치한 산업공단에서 소비를 하고, 포항항에서 배출하는 자원을 부산이나 경남권에 소비하기 위해서는 경주로 진입해야 한다. 단, 이 결과는 울산포항 고속도로가 개통되기 전 데이터에 기반한 것이다.

## 2) 호남권분석

Figure 8은 단순 교통량을 기준으로 Origin과 Destination을 시각화한 결과이다. 단순히 교통량이 많은 영업소가 선정되는 것을 볼 수 있다. 영남권 분석과 마찬가지로 단순 교통량의 크기 기준으로 하였을 때 Origin과 Destination의 두드러진 차이가 없었다.

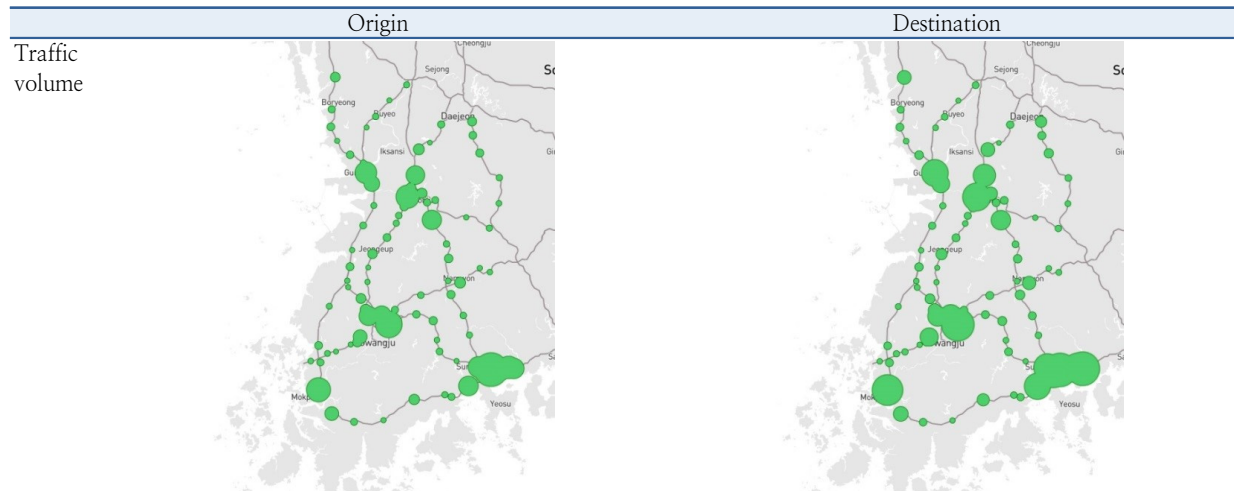


Figure 8. Incoming - leaving traffic volume (Honam region)

Table 6. Incoming - Leaving Traffic Volume table (Honam region)

Ranking	Incoming	# of incoming vehicle	Leaving	# of leaving vehicle
1	Mokpo	35644	Gwangyang	40335
2	East Gwangju	33033	Mokpo	39468
3	Gwangyang	31672	Gwangju	36820
4	Gwangju	30507	East Gwangju	33168
5	Jeonju	27934	Jeonju	30678
6	North Gwangju	27402	Jinwol	24667
7	Jinwol	25597	East Suncheon	24103
8	Okgok	25163	North Gwangju	23928
9	Iksan	24867	Iksan	23834
10	South Suncheon	23815	South Suncheon	23532

반면에 HITS 알고리즘을 적용하였을 때 높은 지표점수를 가진 지역으로 Origin에 대해 점수가 높은 지역은 군산과 목포가 있었으며, Destination으로 군산과 광주가 선정되었다. Origin지표로 목포가 높게 나온 이유는 근처에 목포항이 있기 때문이고, Destination지표로 광주가 높게 나온 이유는 근처에 광주ICD가 위치해 있기 때문이라고 해석된다.

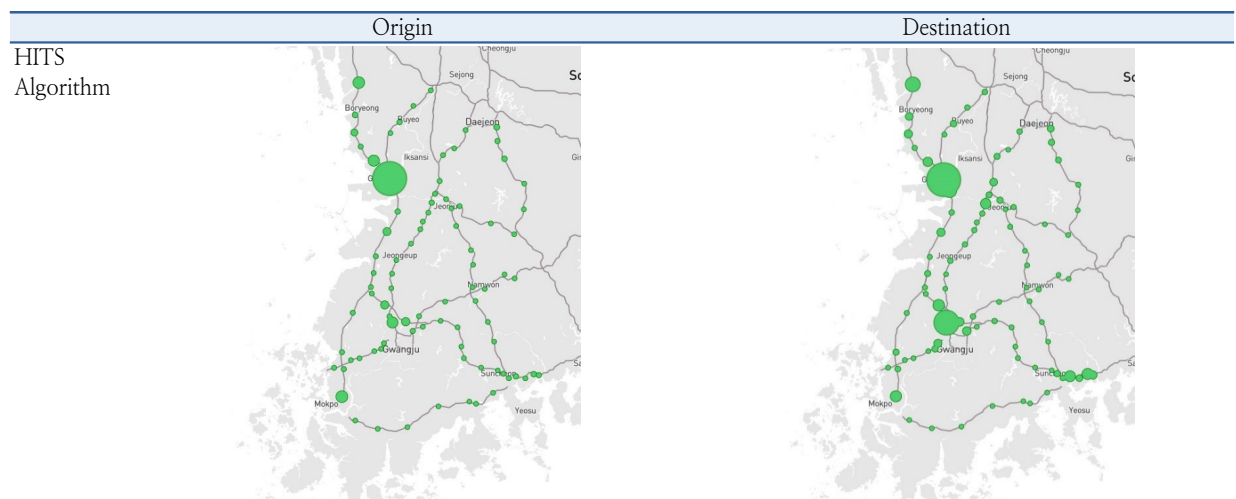


Figure 9. HITS algorithm result (Honam region)



**Table 7.** HITS algorithm result table (Honam region)

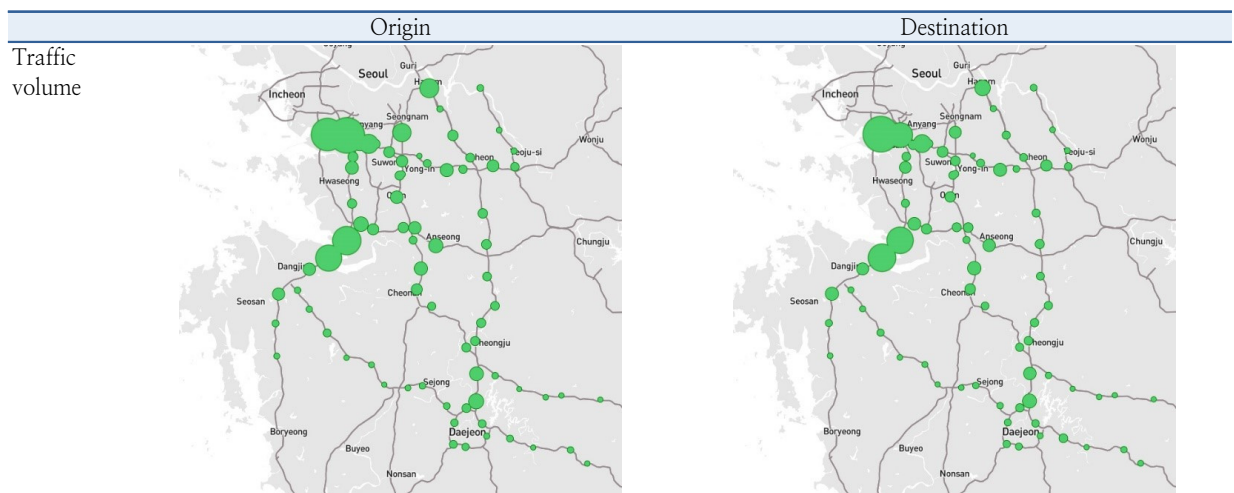
Ranking	Origin	Origin score	Destination	Destination Score
1	Gunsan	0.003533554	Gunsan	0.000924301
2	Mokpo	0.000827641	Gwangju	0.000641501
3	Gwangcheon	0.00079675	Gwangcheon	0.000315953
4	Seocheon	0.000747336	East Gunsan	0.000284037
5	Gwangju	0.000733097	Jangseong Logistics	0.000210700
6	East Gunsan	0.000450640	Mokpo	0.000197479
7	North Gwangju	0.000420958	Okgok	0.000193876
8	Jangseong Logistics	0.000407529	Gwangyang	0.000191221
9	Buan	0.000379597	Jeonju	0.000172518
10	Muchangpo	0.000246497	Seocheon	0.000143842

HITS 알고리즘과 교통량의 크기로 선정하는 방식의 가장 큰 차이점은 군산 영업소가 Origin과 Destination으로서 중요한 영업소로 선정되었다는 것이다. 단순 교통량의 크기로 선정하였을 때 광주나 목포의 교통량이 크게 나왔지만, HITS 알고리즘 결과 군산이 가장 중요한 영업소로 선정되었다. 군산은 항구와 산업단지가 공존하는 도시로서, 호남권에서 가장 큰 산업도시이다. 따라서 물류중심지로 해석할 때는 군산을 물류의 중심지 역할로 해석하는 것이 더 의미 있을 것이다.

### 3) 수도권 분석

Figure 10은 교통량을 기준으로 Origin과 Destination을 시각화한 결과이다. 앞서 했던 지역별 분석과 마찬가지로 Origin과 Destination을 구별해 내기 힘들다.

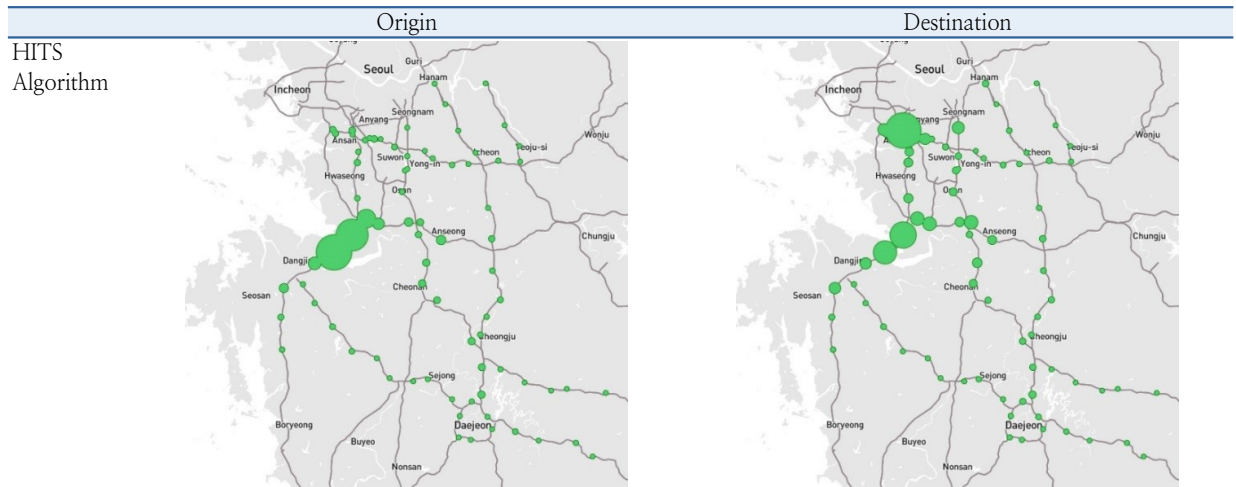
HITS 알고리즘을 적용했을 때 Origin지표 점수는 서평택, 송악, 청북 그리고 당진 순서로 높게 나타났다. 이 영업소들은 모두 평택항 근처에 위치한 영업소로 Origin으로의 거점역할을 하는 영업소라고 할 수 있다. Destination지표 점수는 서서울, 서평택 그리고 송악순으로 높게 나타났다. 서서울은 의왕 ICD 근처에 위치하고 있기 때문에 Destination 거점으로 선정된 것으로 해석된다. 평택항은 아산국가산업단지와 함께 위치한 항구이기 때문에 Destination과 Origin 거점으로서 평택항 주변의 서평택과 송악 영업소가 선정된 것으로 해석된다.

**Figure 10.** Incoming - leaving traffic volume (Gyeonggi region)



**Table 8.** Incoming - Leaving Traffic Volume table (Gyeonggi region)

Ranking	Incoming	# of incoming vehicle	Leaving	# of leaving vehicle
1	West Seoul	131550	Gunja	156883
2	Gunja	128641	West Seoul	111521
3	East Seoul	95818	West Pyeongtaek	97895
4	West Pyeongtaek	79213	East Seoul	92296
5	Sintanjin	76597	West Ansan	90895
6	West Ansan	55725	Seoul	70519
7	Songak	55374	Sintanjin	54471
8	Seoul	55185	Songak	52981
9	South Anseong	54676	North Cheonan	49032
10	Bugok	45878	South Cheongju	47473

**Figure 11.** HITS algorithm result (Gyeonggi region)**Table 9.** HITS algorithm result table (Gyeonggi region)

Ranking	Origin	Origin score	Destination	Destination Score
1	West Pyeongtaek	0.014273	West Seoul	0.006778
2	Songak	0.013334	West Pyeongtaek	0.003581
3	Cheongbuk	0.008781	Songak	0.003267
4	Pyeongtaek	0.004843	Seoul	0.002757
5	Dangjin	0.003988	West Anseong	0.001995
6	South Anseong	0.003469	Cheongbuk	0.001683
7	Songtan	0.00302	Seosan	0.00168
8	Seosan	0.002153	Pyeongtaek	0.001647
9	Sintanjin	0.001925	Gunja	0.001476
10	North Cheonan	0.001885	North Cheonan	0.001247

단순 교통량이 많은 기준으로 중심지를 선정하였을 때 영업소를 지나는 차량의 목적지는 고려하지 않고 교통량이 많은 영업소를 우선적으로 선정하기 때문에, Origin과 Destination에 대한 정보가 희석되는 것을 관찰할 수가 있다. 그 결과 교통량을 중요한 영업소의 기준으로 사용하였을 때 Destination 거점으로 선정된 영업소와 Origin 거점으로 선정된 영업소가 같은 결과를 가져왔다. 교통량만을 이용하여 중요도를 판단하였을 경우 선정된 영업소가 화물을 내보내는 것 때문에 중요한지, 받는 것 때문에 중요한지를 알 수 없다. 뿐만 아니라 성능평가 기준으로 두었던 한만시설과의 근접성, ICD 또는 산업단지와의 근접성을 이용하여 평가하는 것은 의미가 없어, 교통량 크기만 이용하여 거점인지 아닌지 판단하는 것은 불가능 하였다.

하지만, HITS 알고리즘은 Origin과 Destination에 따른 중요 거점 영업소를 구별함으로써, 교통량이 가지고 있는 정보를 보다 효과적으로 두 가지 지표에 대해 분리해 낸다. 또한, 성능평가 기준에도 적합한 결과가 나오는 것을 확인할 수 있었다.

### 3. 시간별 분석

기존의 표본조사보다 TCS 데이터는 자료 집계주기가 하루 단위로 이루어지므로, 교통량에 대한 다양한 시간 스펙트럼으로 조사를 할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서 새롭게 제시한 지표가 TCS 데이터의 시간 스펙트럼을 잘 반영할 수 있는지를 검증할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 검증의 기준을 다음 두 가지로 설정하였다.

#### 1) 일상적인 사건

월요일에서 일요일까지(2015년 5월 11일부터 2015년 5월 17일 사이)의 화물 교통 데이터에 대하여 HITS 알고리즘을 적용한 후, 시간에 따른 패턴을 보이는지 관찰

#### 2) 일상적이지 않은 사건

화물 교통량에 영향을 미칠 수 있는 국가적 사건이 발생해 평상시와 다른 패턴을 보일 것으로 예상되는 사건의 전후 패턴을 비교 관찰. 본 논문에서는 2008년에 있었던 화물 파업을 HITS 알고리즘이 반영할 수 있는지 관찰

#### 1) 일상적인 사건

Figure 12, 13, 14에서 볼 수 있듯이, 모든 지역에서 주말에는 Origin과 Destination의 거점이 사라지는 것이 관찰된다. 화물 차량은 대부분 생계 수단으로 운행되기 때문에, 주말과 같은 휴일에 Origin과 Destination에 대한 거점이 나타나지 않는 것으로 해석된다. 평일에는 앞서 지역별로 찾았던 Origin과 Destination 거점이 유사하게 관측되었다. 이는 화물의 유통이 활발할 때, 지역별로 특정 Origin과 Destination 거점을 중심으로 화물이 유통되는 것으로 해석된다.

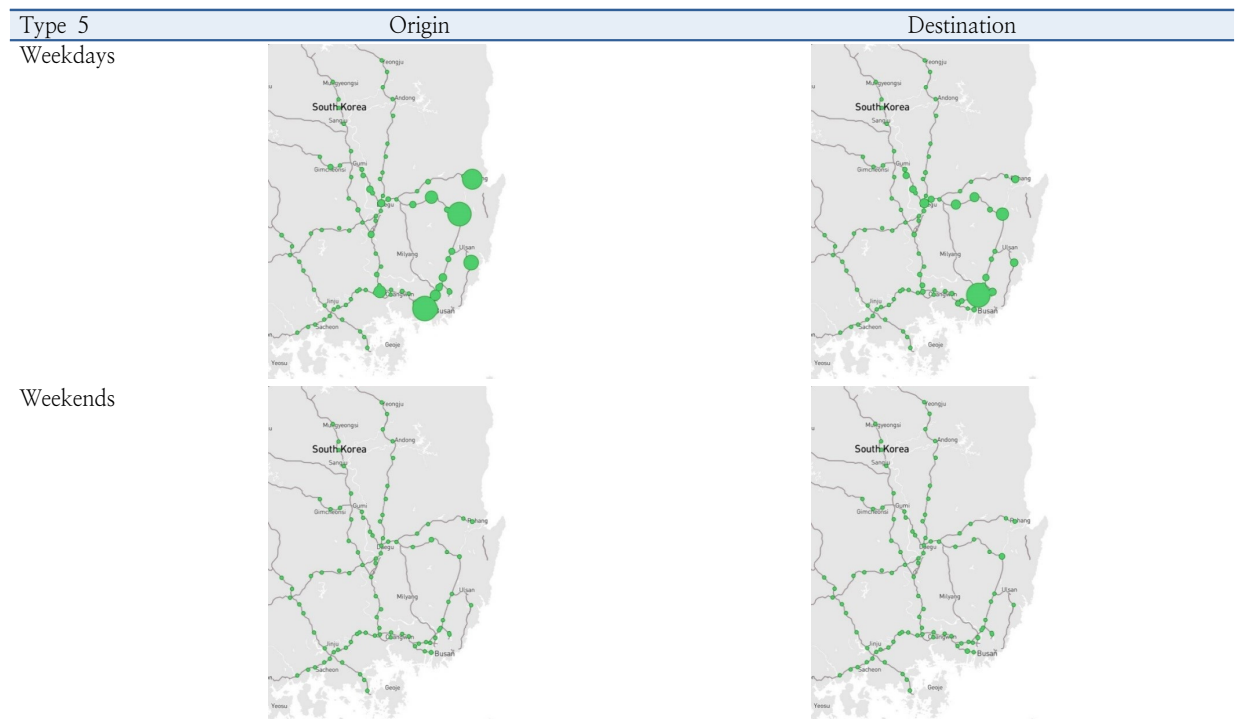


Figure 12. Change between weekends and weekdays (Yeongnam region)

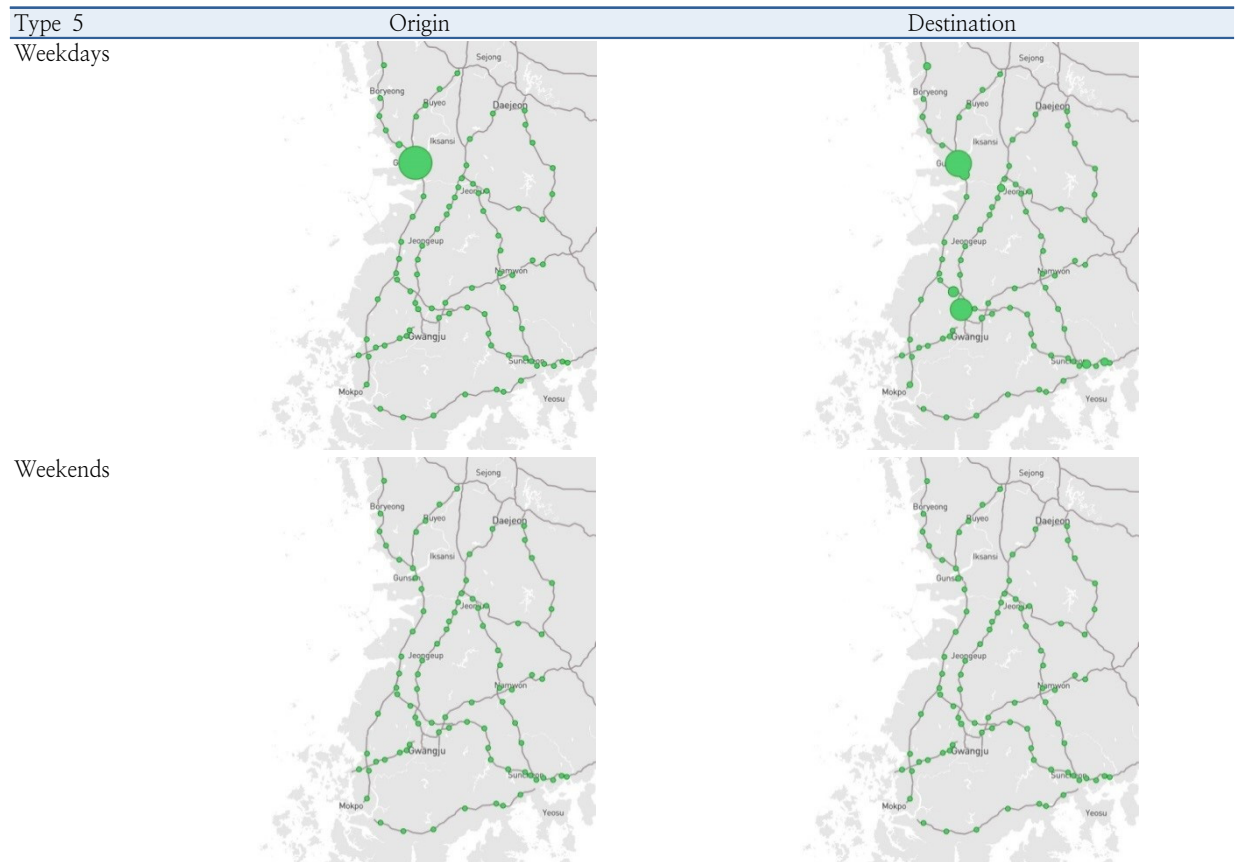


Figure 13. Change between weekends and weekdays (Honam region)

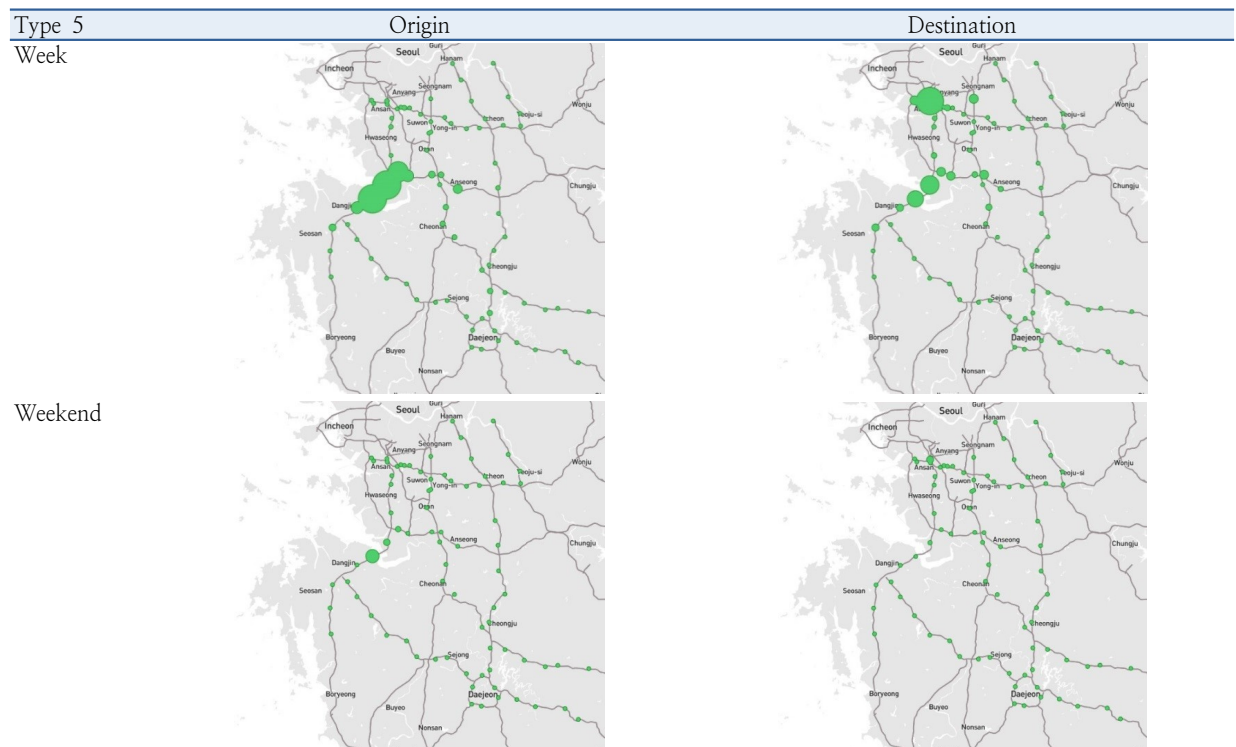


Figure 14. Change between weekends and weekdays (Gyeonggi region)

## 2) 비일상적인 사건

비일상적인 사건으로는 2008년 6월 13일부터 6월 19일까지 있었던 화물 파업에 대하여 HITS 알고리즘을 적용하였다. 앞서 주말에 대한 분석에서 보았듯이, 주말에는 일상적으로 Origin과 Destination 거점이 거의 존재하지 않기 때문에, 6월 13일(금) 부터 6월 19일(목) 사이에 있는 주말은 분석에서 제외하였다.

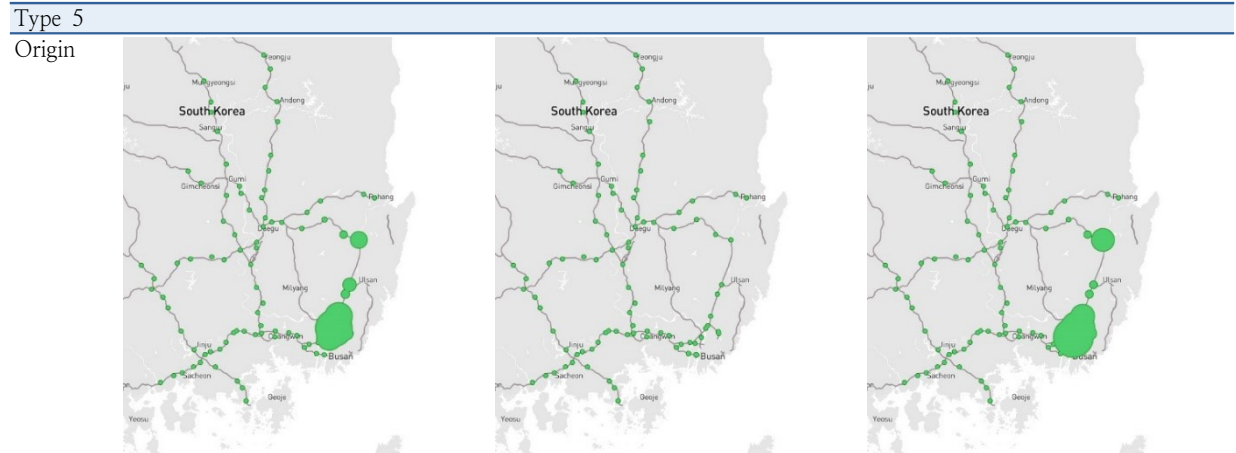


Figure 15. Central change during the strike

파업이 시작된 6월 13일(금)에는 일상의 Origin/Destination 거점과 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 파업이 시작된 후 6월 16일(월)에서 6월 18일(수)에는 Origin과 Destination 거점이 선정되지 않았다. 파업 마지막 날인 6월 19일(목)에는 Origin과 Destination 거점이 일상의 패턴보다는 작지만 어느 정도 회복된 것을 보였다.

HITS 알고리즘을 사건에 대하여 적용한 결과, 일상적인 사건은 수긍할 만한 결과를 보였다. 또한, 비일상적인 사건에 대한 결과가 일상적인 사건에 대한 결과와 큰 차이를 보이므로, HITS 알고리즘을 적용하였을 때, 특이한 사건에 대한 감지도 가능하다는 사실을 알 수 있다. 따라서 HITS 알고리즘은 TCS 데이터가 가지고 있는 시간 스펙트럼을 반영하는 알고리즘이라는 것을 알 수 있다.

## 결론 및 시사점

본 연구는 TCS 데이터를 활용하여 교통 네트워크 속에서 중요한 역할을 하는 거점을 찾아내는 알고리즘을 제시하였다. 네트워크 분석에서 중심지를 찾기 위해 사용되는 PageRank 알고리즘과 HITS 알고리즘을 교통 데이터에 적용하여 중심지파악을 위한 지표를 제시하였다.

우선 PageRank 알고리즘을 적용하여 물류중심지 파악을 위한 종합지표를 제시하였다. PageRank 결과 평가를 위해 물류기지와의 인접성, 항만시설과의 인접성 그리고 산업단지와의 인접성을 기준으로 사용하였다. 분석결과 PageRank 알고리즘이 제시하는 지표값이 기준을 충족시키는 결과가 나왔다.

다음으로 HITS 알고리즘을 이용하여 Origin, Destination을 찾고, 단순 교통량을 통해 찾은 Origin, Destination과 비교해 보았다. 지역별로 알고리즘을 적용하였으며, 적용 결과 단순교통량과 큰 차이를 보이는 결과를 얻어낼 수 있었다. 성능의 평가를 위해 Origin과 항만시설의 근접성, Destination과 내륙물류기지 및 산업단지와의 근접성을 보았다. 분석결과 HITS 알고리즘이 단순교통량으로 분석하는 것에 비해 중요한 거점을 찾아내는 능력이 뛰어난 것을 확인할 수 있었고, 뿐만 아니라 거점이 출발지로서 중요한지, 도착지로서 중요한지를 설명할 수 있는 훌륭한 지표임을 확인할 수 있었다.

마지막으로 시간 스펙트럼을 반영하여 시간별 분석을 시행하였다. TCS 데이터는 자료 집계주기가 하루 단위로 이루어져 기존에 많이 사용되는 KTDB 데이터보다 더 세세한 시간 스펙트럼으로 조사할 수 있다는 강점이 있다. 본 연구에서는 주말, 평일로 구분되는 일상적인 사건과 화물파업과 같은 비일상적인 사건을 HITS 알고리즘이 반영할 수 있는지 분석하였다. 분석 결과 시간에 따라 달라지는 현상도 반영할 수 있는 알고리즘이라는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 사례로 사용한 TCS데이터의 경우, 데이터가 가지고 있는 본연의 한계 때문에 거점평가 지표선정 알고리즘으로서의 성능평가를 위해 주변 산단, 항만과의 개략적인 관계를 사용할 수밖에 없었고, 평가를 위해 사용한 사례가 우리나라의 모든 지역을 설명하지 못하는 한계를 지니고 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 실증적인 자료인 TCS 데이터를 이용하여 지역별, 시간별 차이를 반영할 수 있는 거점평가지표를 제시했다는 측면에서 가치가 있다고 판단되며, 이를 이용하여 다양한 정책적 활용이 가능할 것이다.

기존의 각종 물류 SOC사업 및 지역개발 사업의 예비타당성 조사 근거자료로는 국가교통 데이터베이스(KTDB)의 화물 기종점 교통량이 가장 많이 활용되고 있다. 하지만 KTDB의 경우 설문조사를 통해 이루어지는 데이터로 교통 수요의 변화를 빠르게 감지하지 못하고 비용이 과다하게 소요된다는 단점을 지니고 있다. 본 연구를 통해 제시된 거점 평가지표는 단순 교통량이나 KTDB수집 데이터가 설명하지 못하는 거점의 Origin, Destination으로서 중요한 이유와 시간별, 지역별로 생길 수 있는 차이를 설명할 수 있다. 따라서 거점 평가지표를 물류 및 SOC 사업계획 등과 연계하여 사업 우선순위 또는 투자사업 결정 시 판단의 근거로 활용할 수 있다.

향후 연구과제로는 클러스터링을 통해 본 연구에서 찾은 거점을 중심으로 하는 산업구조, 도시구조와 같은 공간 구조를 구체적으로 제시할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 사례로 제시한 거점 분석결과는 TCS데이터의 한계로 대략적인 거점에 대한 정보만 제공한다. 하지만 향후에는 정확한 기종점데이터와 택배 차량, 중형화물 차량, 대형화물 차량 등으로 세분화된 차량데이터를 이용함으로써 정확하고 신뢰 할 수 있는 정책적 의미를 지닌 거점을 제시할 필요가 있다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was partially supported by the SW fusion technology upgrading (R&D) for new industry creation (S0177-17-1011), by the Leading Human Resource Training Program of Regional Neo industry through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and future Planning (NRF-2016H1D5A1910285), and by technology innovation project (S2439592) of Small and Medium Business Administration, and by the research fund (1.130053.01) of UNIST.

## REFERENCES

- Ahn G. W., Kwon Y. J., Kim J. I. (2011), Transport Network Oriented Development Based on Major Transportation Facilities, The KOREA transport institute, 2011-01.
- Albert R., Jeong H., Barabási A. L. (1999), Internet: Diameter of the World-wide Web. *Nature*, 401(6749), 130-131.
- Arndt H. W. (1983), The "Trickle-down" Myth, *Economic Development and Cultural Change*, 32(1), 1-10.
- Chakrabarti S., Dom B.E., Kumar S.R., Raghavan P., Rajagopalan S., Tomkins A., Gibson D., Kleinberg J. (1999), Mining the Web's link structure, *Computer*, 32(8), 60-67.
- Crucitti P., Latora V., Porta S. (2006), Centrality Measures in Spatial Networks of Urban Streets, *Physical Review E*, 73(3), 036125.
- Ding C., He X., Husbands P., Zha H., Simon H. D. (2002), PageRank, HITS and a Unified Framework for Link Analysis,

- Proceedings of the 25th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, ACM, 353-354.
- Gleich D. F. (2015), PageRank beyond the Web. *SIAM Review*, 57(3), 321-363.
- Kim K. N., Hwang J. H., Kim K. S. (2012), A Study on Analysis Spatial Structure of Industry by Using the Freight O/D - Focused on Daegu Metropolitan City, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 32(6D), 557-563.
- Kleinberg J. M. (1999), Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment, *Journal of the ACM (JACM)*, 46(5), 604-632.
- Kleinberg J., Kumar R., Raghavan P., Rajagopalan S., Tomkins A. S. (1999), The Web as a Graph: Measurements, Models, and Methods, *International Computing and Combinatorics Conference*, Springer Berlin Heidelberg, 1-17.
- Meidute I. (2007), Economical Evaluation of Logistics Centres Establishment, *Transport*, 22(2), 111-117.
- Page L., Brin S., Motwani R., Winograd T. (1999), The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web.
- Park M. C., Hyung H. W., Sung H. M. (2013), Truck O/D Estimation on Expressways Using TCS Data, *Journal of Transport Research*, 20(4), 17-27.
- Yan L., Wei Y., Gui Z., Chen Y. (2011), Research on PageRank and Hyperlink-induced Topic Sarch in Web Structure Mining, *Internet Technology and Applications (iTAP)*, 2011 International Conference, IEEE, 1-4.
- Yıldırım B. F., Önder E. (2014), Evaluating Potential Freight Villages İn Istanbul Using Multi Criteria Decision Making Techniques, *Journal of Logistics Management*, 3(1), 1-10.
- Yoon S. Y., Lee C. Y., Kim H. J., Yook D. H., Kim S. L. (2016), A Study on Usability of Big Data to Enhance Reliability of Regional Travel Demand Forecasting, *Korea Research Institute for Human Settlements*, 2015-12.